



# GB-SARにかわる新しい 微小変位、振動計測レーダ

平成27年12月2日

アルウエットテクノロジー株式会社

# 会社概要とSAR開発実績

30年以上大手電気メーカーにて航空機搭載、衛星搭載SARシステムの開発に従事  
 小型軽量低価格のSAR開発を目的に、自己資金のみで平成19年6月設立

資本金 1000万円(2013年7月1日現在)

業務内容 衛星搭載、航空機搭載SARのシステム設計、開発、その他レーダ開発

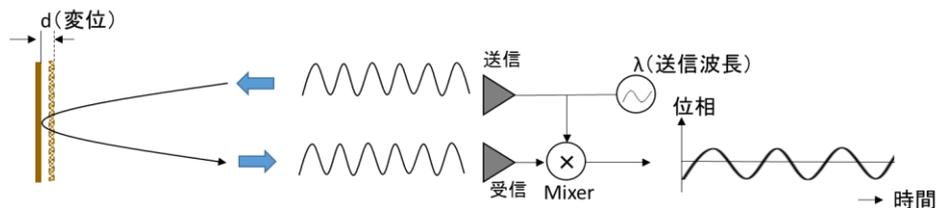
2009年		小型機(セスナ172)搭載小型軽量SARの開発(X、Kuバンド) 世界初、ノートPCによる機上リアルタイム処理を実現 カーゴエリアにSAR、アンテナ搭載、カーゴドアをレドームに改造
2010年		セスナ208搭載XバンドSARの開発 機体改造なしに窓を透過して観測 航測会社の航空機にて運用中。30分で搭載可能
2012年		国土地理院航空機「くにかぜⅢ」搭載干渉型SARの開発納入 DEM生成ソフトウェア開発。国土地理院が火山観測等に運用中。
2013年		セスナ208搭載LバンドSARの開発 セスナ208搭載XバンドSARと同じく、窓を利用し機体改造が不要。 (30分で搭載可能)
2014年		無人機搭載搭載SARの開発 X、KuバンドSARを同時搭載、衛星回線で遠隔操作 2014年8月、北海道鹿部飛行場で高高度フライトテスト実施。
2015年		KingAir搭載ポラリメトリSARの開発 Xバンド、Kuバンドのデュアルバンドで同時にセミポラリメトリ ー(送信H、受信HV)観測が可能。

# SIP(戦略的イノベーション創造プログラム)

- 内閣府「総合科学技術・イノベーション会議(CSTI)」が自らの司令塔機能を発揮して、府省の枠や旧来の分野の枠を超えたマネジメントに主導的な役割を果たすことを通じて、科学技術イノベーションを実現するために平成26年度に新たに創設したプログラム。
- 研究課題「インフラ維持管理・更新・マネジメント技術開発」
- (1)点検・モニタリング・診断技術の研究開発
- (A)-b インフラ分野にとってこれまでにない新しい計測技術を活用した点検・モニタリング・診断技術の開発

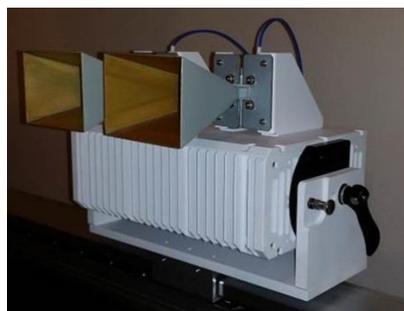
# GB-SARによる振動計測

地上設置型合成開口レーダー(GB-SAR)  
マイクロ波で観測対象の振動や変位を計測



$$d = \lambda/4\pi \cdot \phi$$

マイクロ波で変位・振動を計測する原理  
送信信号と受信信号の位相差の変動が観測  
対象点の振動を表す。

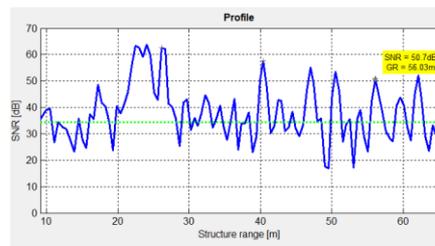


アルウエットテクノロジー(株)製  
GBSAR(17GHz帯)

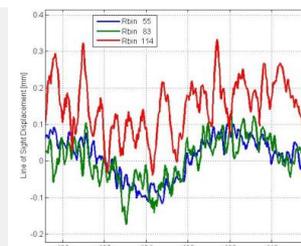
GB-SARによる橋梁の振動計測例



GBSAR(イタリア製) 観測対象点にレーダ反射器を設置



距離と反射信号強度



観測対象点の振動

出典: APPLICATION OF INTERFEROMETRIC RADAR TO EXAMINATION OF  
ENGINEERING OBJECTS VIBRATION (Kuras P., Owerko T., Strach M.)

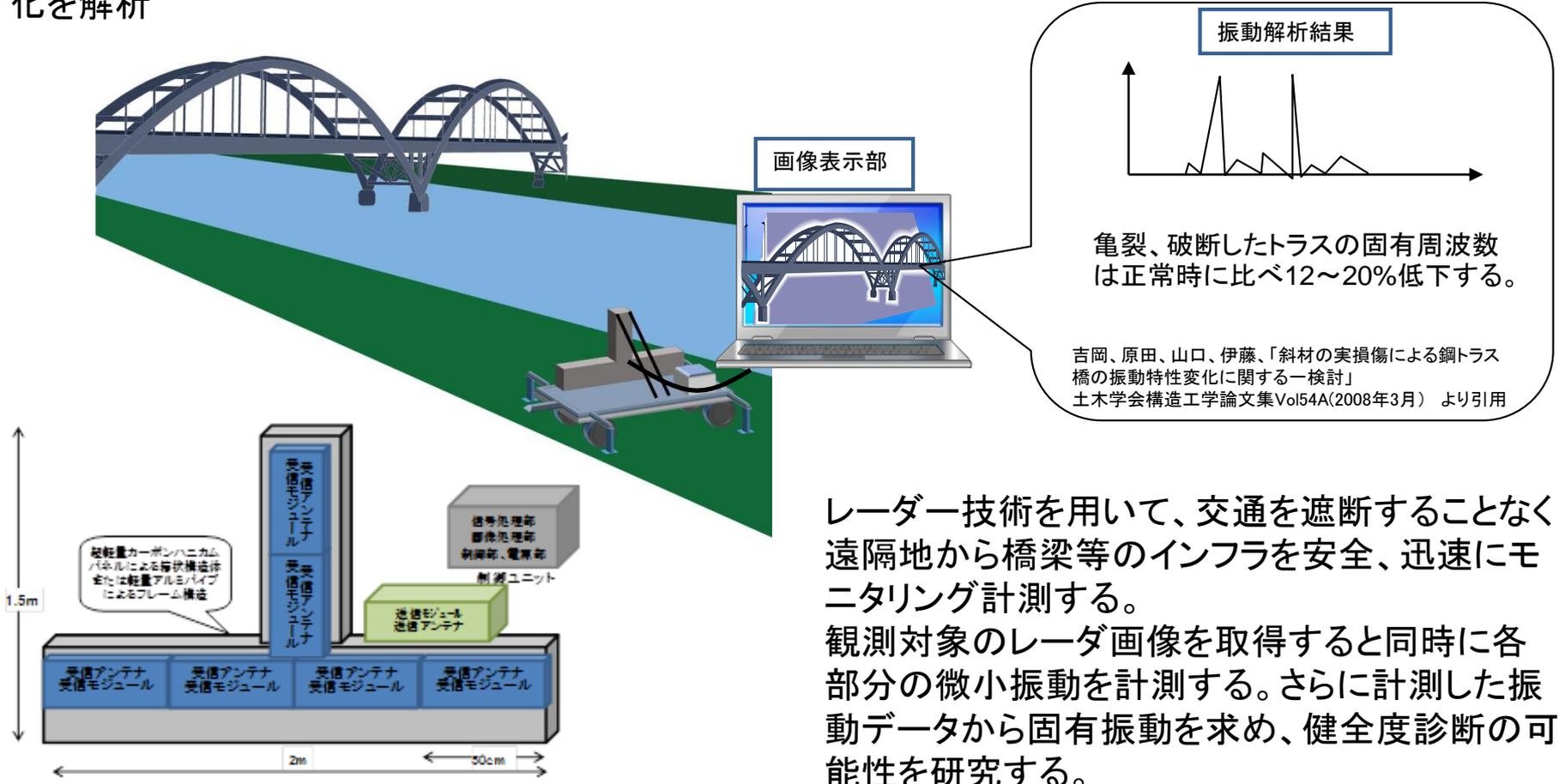
200Hzの振動まで計測可能  
アンテナビーム内の観測対象点を距離で識別  
観測箇所同定のため、反射器の設置が必要  
同一距離にある複数箇所は計測できない。

# インフラモニタリングのための振動可視化レーダ SIP研究開発

観測対象に微弱なマイクロ波を照射し、画像情報と共に振動情報を取得

(特願2004-166603号 干渉型振動観測装置、振動観測プログラム及び振動観測方法)

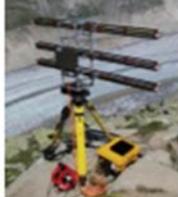
橋梁等の主要構成部毎の振動特性(固有振動スペクトル)を過去計測のデータベースと比較し経年変化を解析



レーダー技術を用いて、交通を遮断することなく遠隔地から橋梁等のインフラを安全、迅速にモニタリング計測する。

観測対象のレーダ画像を取得すると同時に各部分の微小振動を計測する。さらに計測した振動データから固有振動を求め、健全度診断の可能性を研究する。

# 地上設置型合成開口レーダの製品例

項目	IBIS-FL	LiSAMobile	FastGBSAR <sup>※1</sup>	GPRI2 <sup>※2</sup>
製造会社	IDS社(イタリア)	LiSALab社(イタリア)	METASENSING社(オランダ)	Gamma社(スイス)
日本代理店	株式会社パスコ	株式会社BIT	—	株式会社オープンGIS
外観				
合成開口長	最大2m	最大3m	最大2m(拡張も可能)	—
分解能	レンジ方向:0.5m クロスレンジ方向:1km先で4.4m	レンジ方向0.5m クロスレンジ方向:1km先で2.9m	レンジ方向:0.5m クロスレンジ方向:1km先で4.3m	レンジ方向:0.75m クロスレンジ方向:1km先で6.5m
変位抽出精度	0.1mmオーダー	0.5mm~0.8mm	0.1mmオーダー	0.1mmオーダー <sup>※3</sup>
周波数範囲	17.05GHz~17.35 GHz	17.0GHz~17.4 GHz	17.05GHz~17.35 GHz	17.1GHz~17.3 GHz

17GHz帯地上設置型合成開口レーダの周波数有効利用技術に関する調査検討報告書 H25年3月より抜粋

1回の計測に数分を要し、その間に発生した波長レベル以上の変動は計測不可能になる。

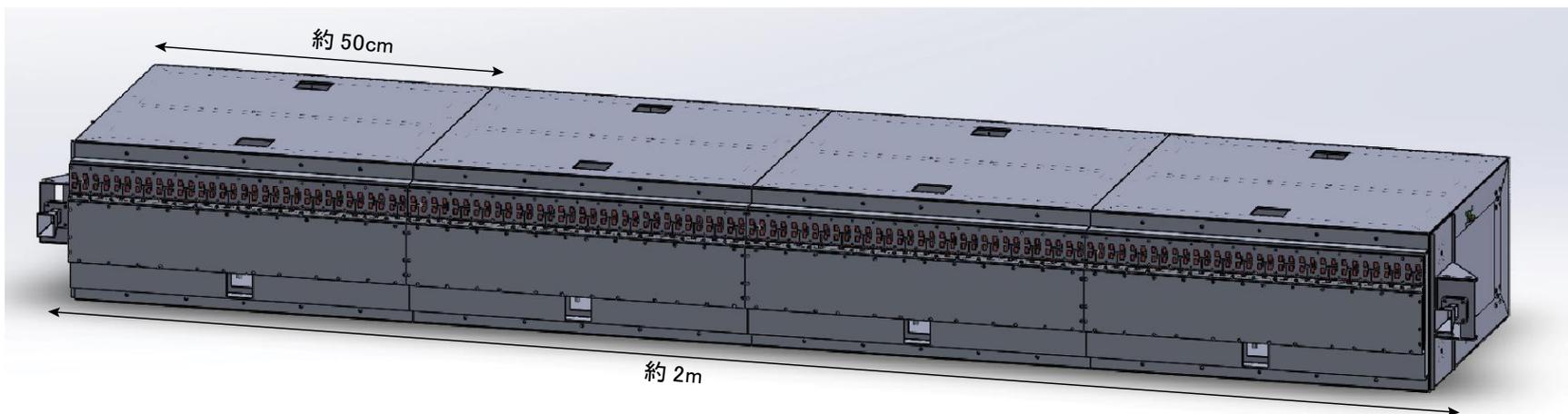
その間に一定(波長の半分)以上の変動があると、変動量が不定になってしまう。

数mのスライダー上を動かすため、頻繁な保守管理が必要

機器が大型で分解できないため、輸送が困難。

海外製のため、計測処理情報がブラックボックス

# 短時間の変位も逃さず観測、GBSARに代わる新しいレーダ



- ・機械的可動部の排除
- ・視野内を動画のように逃さず観測
- ・50cmのモジュールに分解し、輸送が可能
- ・モジュール追加により方位分解能向上が可能

- ・秒500回観測
- ・観測目標変位0.1mm
- ・観測距離15km
- ・方位分解能0.005rad
- ・距離分解能50cm

## 微小変位計測レーダの特徴

モジュール単位(10kg以下)の分解が可能で、搬入、設置が容易  
現場での組み立て時間1時間以内

機械的可動部分がないため、信頼性が高く、保守が容易

長距離(20km)の微小変位計測が可能

近距離では1000枚／秒の高速度画像化、動画的記録が可能

モジュール増設により、観測対象に合わせた分解能向上が可能

ソフトウェアにより短時間の変動も、もれなく観測可能

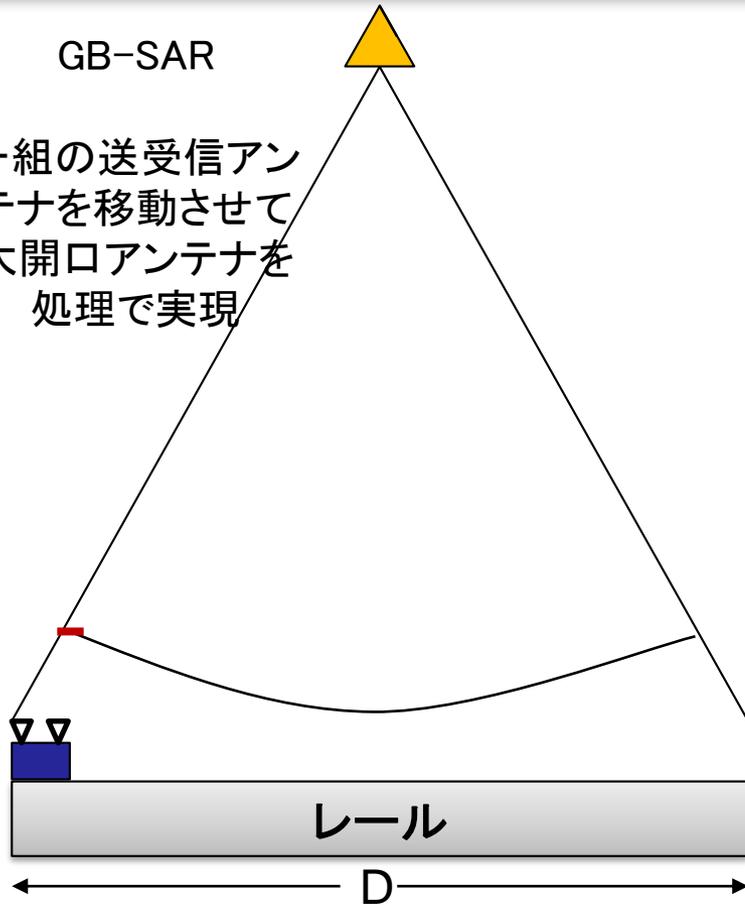
定常観測運用ソフトウェアで変化時を自動検出、高頻度記録

ハード、ソフトウェアはすべて内製でブラックボックスがない

# レーダ方式と方位分解能

GB-SAR

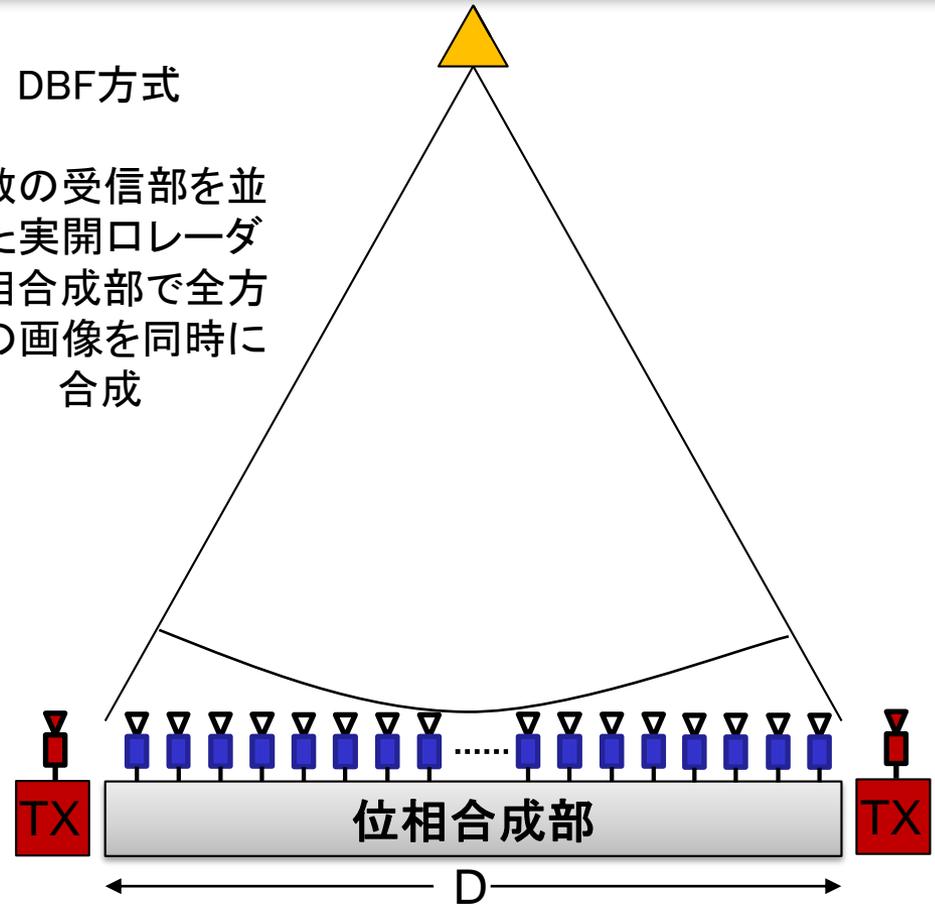
一組の送受信アンテナを移動させて大開口アンテナを処理で実現



$$\theta = \frac{\lambda}{2D}$$

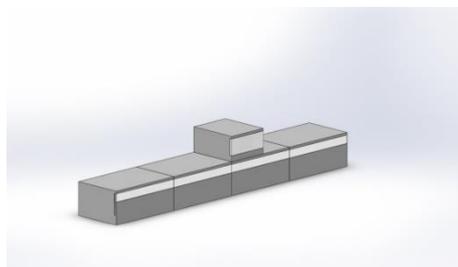
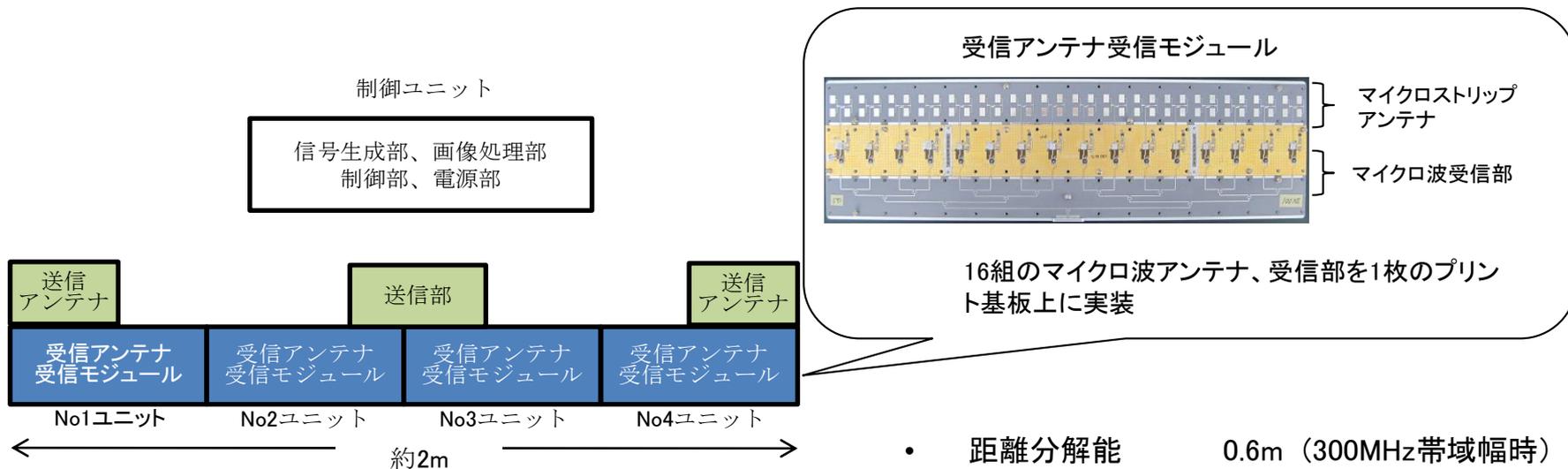
DBF方式

多数の受信部を並べた実開口レーダ位相合成部で全方位の画像を同時に合成

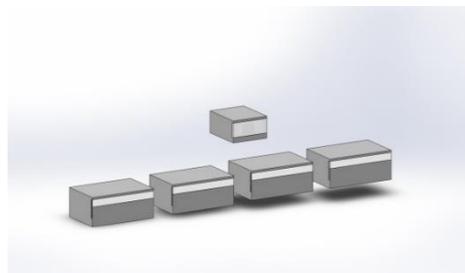


$$\theta = \frac{\lambda}{D}$$

# 構成、主要性能



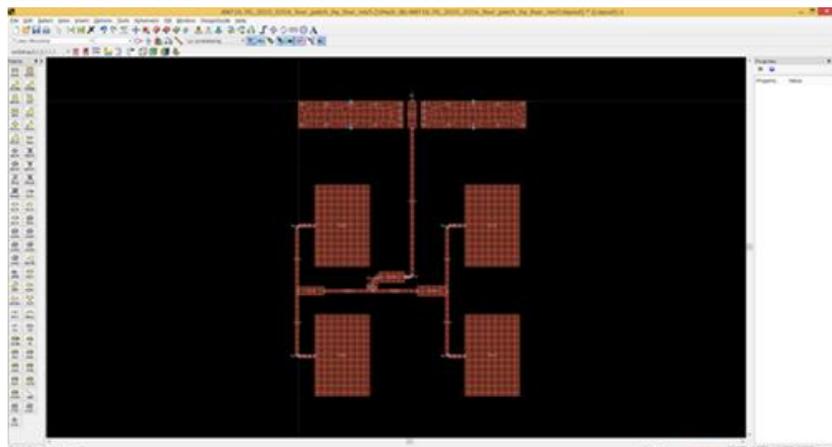
運用時の形態



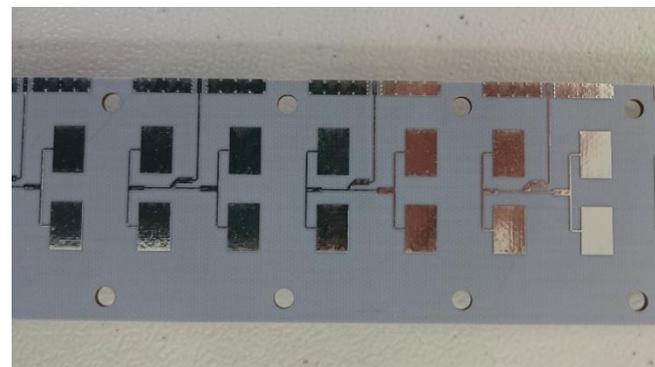
分解運搬時

- 距離分解能 0.6m (300MHz帯域幅時)
- 観測距離範囲 15km 以下
- 方位分解能 0.005rad以下
- 観測視野範囲 約40度
- 観測頻度 1000Hz以下
- 記録頻度 100Hz以下
- 変位検出精度 0.1mm以下
- 送信電力 20dBm以下
- 重量 50kg以下(4モジュール)

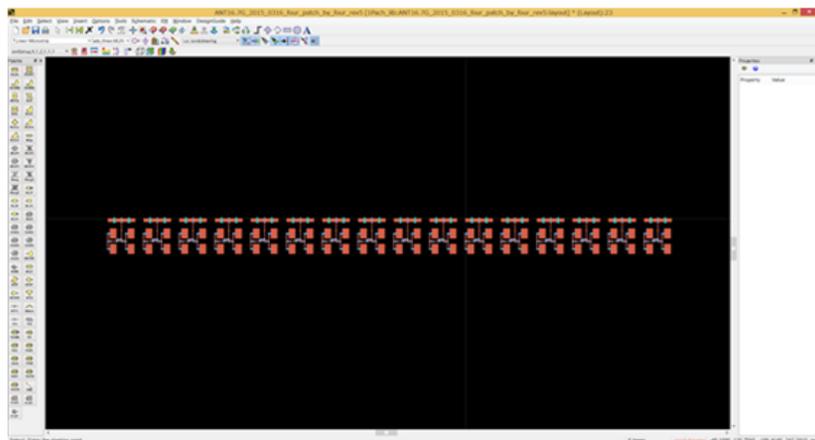
# アンテナの設計



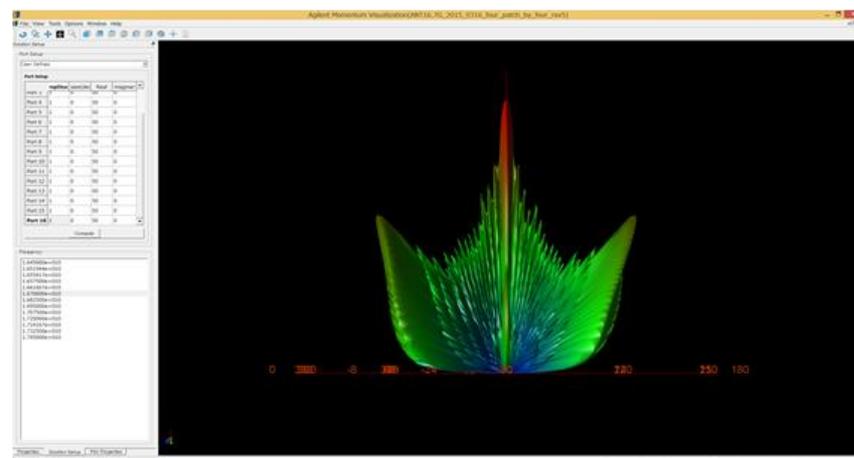
4パッチマイクロストリップアンテナ



実際の試作アンテナ



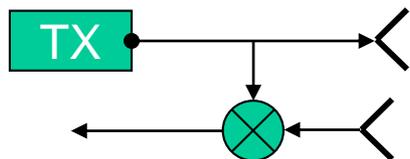
16CH DBFアンテナアレイ



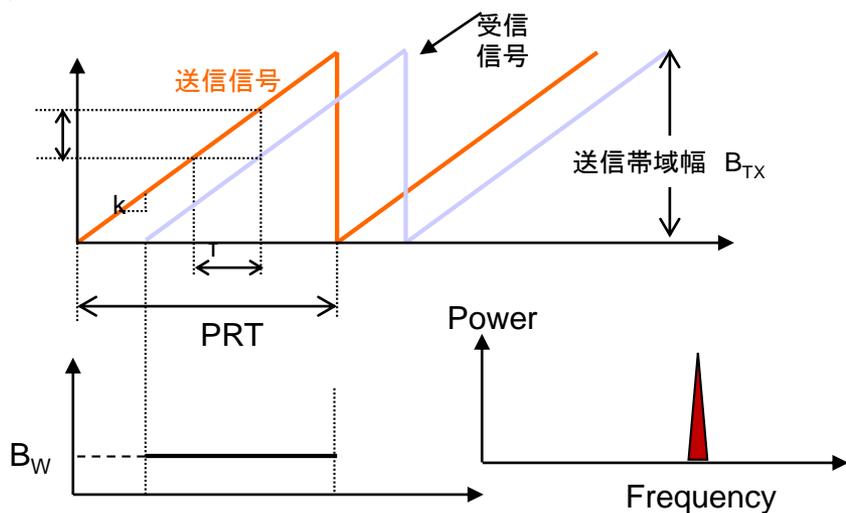
DBF後アンテナパターンシミュレーション

# 観測幅、分解能、PRFの関係

## FMCW Radar



周波数



ニアレンジ  $R_1$  ファーレンジ  $R_2$

$$\tau_1 = \frac{2R_1}{c} \quad \tau_2 = \frac{2R_2}{c}$$

$$\text{チャープ率 } K = \frac{B_{TX}}{PRT}$$

$B_{TX}$ : 送信帯域幅  $B_W$ : 受信帯域幅

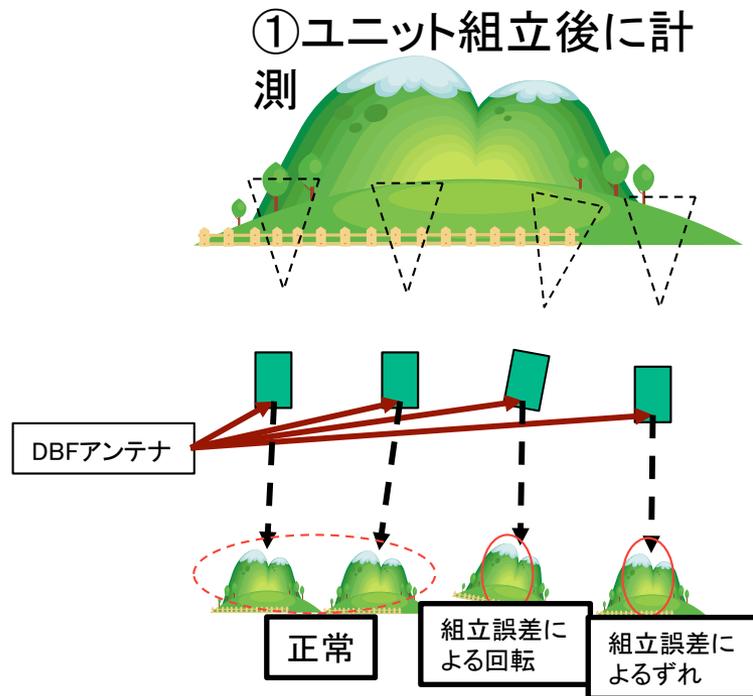
$$B_W = K\tau = \frac{B_{TX}}{PRT} \frac{2(R_1 - R_2)}{c} = \frac{PRF \cdot \text{観測幅}}{\text{分解能}}$$

	振動モニタ リングレーダ	微小変位計測 レーダ
PRF	数kHz	数Hz
距離	1km	数km
観測幅	200m	2km

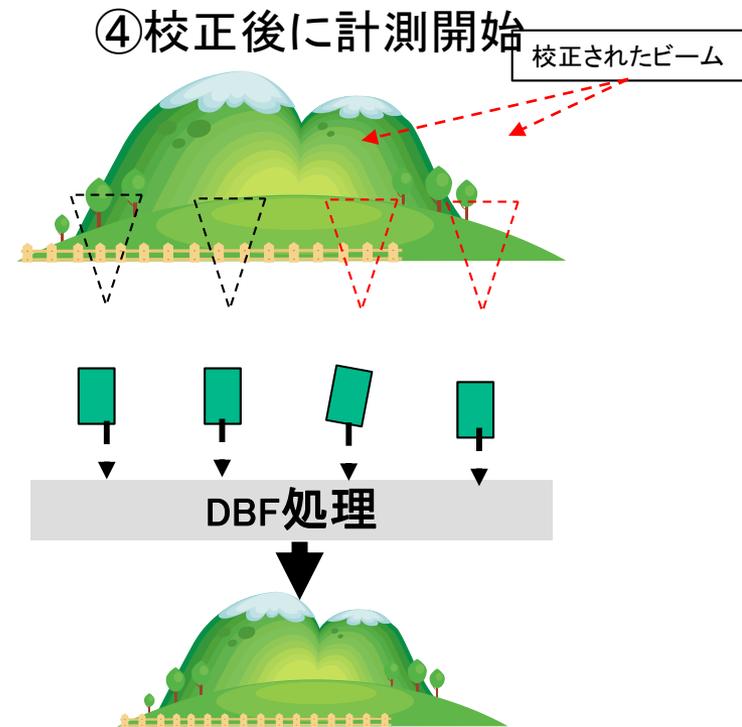
# 校正

- デジタルビームフォーミング(DBF)技術を応用
- 各ユニットは工場出荷時に校正
- ユニット間は設置時にCRまたはターゲットを使い校正

CR: コーナーリフレクタ



③ DBF用校正係数の算出



⑤ 高分解能画像

# 普賢岳での実証実験(平成27年11月25日～)



普賢岳溶岩ドーム  
と火砕流現場

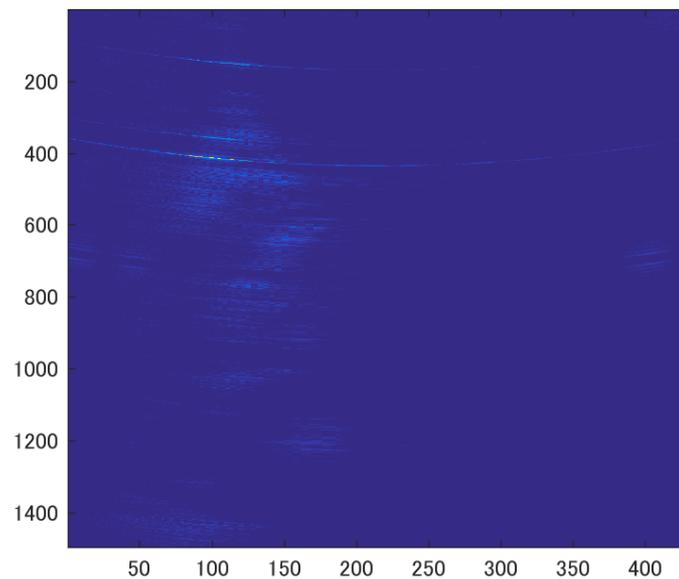
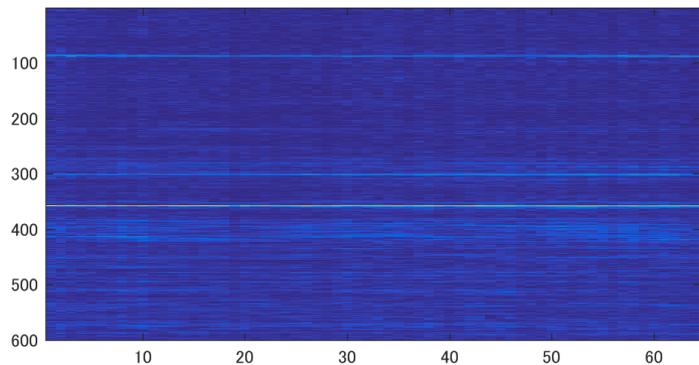
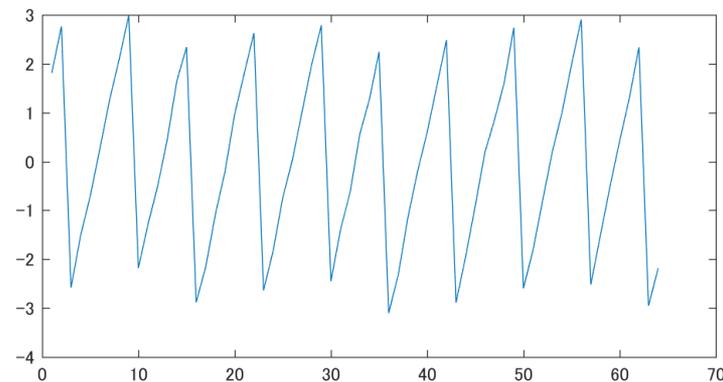
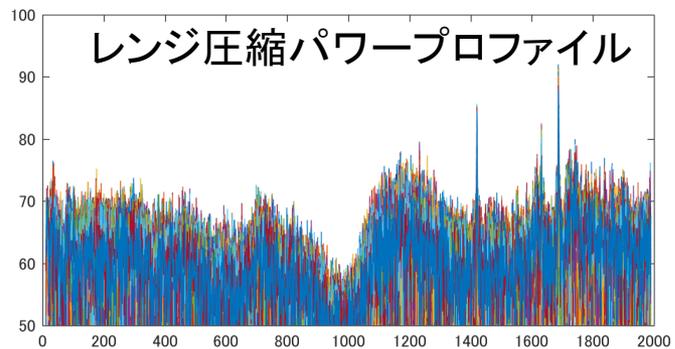


校正用コーナーリフレクタ

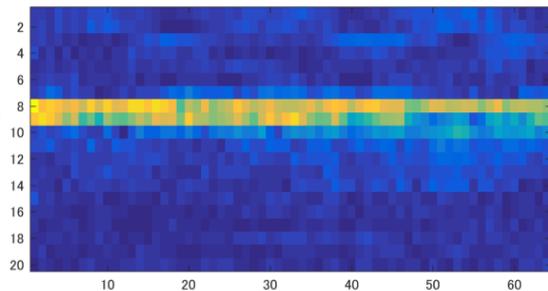


レーダ運用風景

# 実験状況



同上  
CR部分拡大



# 今後の予定

- 実証実験、精度検証の継続
- ソフトウェアの整備 DEMとの合成表示
- 今年度中に製品化の予定

# THANK YOU

アルウエットテクノロジー株式会社は合成開口  
レーダー技術で、社会に貢献いたします。